

学校编码: 10384

分类号_____ 密级_____

学号: X2010230514

UDC_____

廈門大學

工 程 碩 士 學 位 論 文

储层保护专家系统的研究与设计

Research and Design of Reservoir Protection Expert System

廖浩德

指 导 教 师: 陈海山 教授

专 业 名 称: 软件工程

论文提交日期: 2012 年 10 月

论文答辩日期: 2012 年 11 月

学位授予日期: 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2012 年 9 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下，独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果，均在文中以适当方式明确标明，并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外，本学位论文为()课题(组)的研究成果，获得()课题(组)经费或实验室的资助，在()实验室完成(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称，未有此项声明内容的，可以不作特别声明)。

声明人(签名)：

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文(包括纸质版和电子版)，允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

- () 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，于
年 月 日解密，解密后适用上述授权。
- (✓) 2. 不保密，适用上述授权。

请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。

声明人(签名)：

年 月 日

摘 要

专家系统是依靠人类专家已有的知识建立起来的知识系统,是在特定领域内具有相应知识和经验的程序系统。它应用人工智能技术、模拟人类专家解决问题时的思维过程,求解领域内的各种问题。

保护储层技术是提高勘探开发效果的重要措施之一,也是油田稳产的关键技术之一。针对油田完井过程中的储层损害程度大的问题,开展该领域内专家系统的研究,有利于扩大保护储层的应用范围,提高油田勘探开发的整体效果。

基于系统的储层保护理论、技术规范标准、学校专家队伍的经验,在分析油田储层岩性、物性、流体及地层温度压力等储层特性的基础上,结合油田现有的射孔、压井、洗井、修井等完井工艺及其入井流体特征,对完井过程中地层损害的主要因素及其损害机理进行研究,形成科学合理的保护储层入井流体体系及其作业工艺推荐专家系统,实现储层数据管理、敏感性预测、损害机理与处理、保护储层入井液及其工艺推荐等功能。

关键词: 敏感性预测; 损害机理; 流体工艺推荐

Abstract

The expert system is a knowledge system based on existing knowledge of human experts and a program system with the appropriate knowledge and experience in specific areas. It simulates the thinking of human experts to solve the practical problem in the fields with artificial intelligence technology.

The reservoir protection technology is not only one of the important measures to improve the effects of exploration and development, but also one of the key technologies for stable oilfield production. In view of large damage of the oil-gas field formation in the process of well completion, the research on the expert system of reservoir protection is advantageous to expand the scope of application of the protection of reservoirs and improve the overall effect of oil exploration and development.

Based on system reservoir protection theory, technology standards, based on the experience of experts of the oilfields and our school team, on the basis of the analysis of reservoir litho-logy, physical properties, fluid and formation temperature, pressure and other reservoir characteristics, combined with the completion techniques such as existing perforation, well-killing, well flushing and work over and with the in-flowing fluid characteristics, the research on the main factors and their damage mechanism of formation damage in the completion process will be made to establish a scientific and rational expert system on protection oil-gas formation and operation recommended expert system, and to implement the functions such as reservoir data management, sensitivity prediction, predictive analysis, processing of the damage mechanism, protection of in-flowing fluid and operation recommended.

Keywords: Sensitivity Prediction; Damage Mechanism; Fluid Operation Recommended

目 录

第 1 章	绪论	1
1.1	研究背景及意义	1
1.2	研究目标	2
1.3	研究内容	3
1.4	本文的结构安排	4
第 2 章	系统相关技术	5
2.1	专家系统技术	5
2.2	BP 神经网络技术	7
2.3	SQL Server 数据库技术	7
2.4	ASP.NET 技术	8
2.5	本章小结	10
第 3 章	系统需求分析	11
3.1	系统业务需求	11
3.1.1	业务流程图	11
3.1.2	数据流程图	12
3.2	系统功能需求	13
3.2.1	系统功能划分	13
3.2.2	系统功能描述	14
3.3	系统用例分析	15
3.3.1	定义 Actor	15
3.3.2	系统用例图	15
3.3.3	数据分析	17
3.4	本章小结	19
第 4 章	系统设计	20

4.1	系统总体设计.....	20
4.2	专家经验的转化及知识表示方法.....	22
4.3	数据库设计.....	25
4.4	系统详细设计.....	33
4.4.1	储层数据管理	33
4.4.2	储层敏感性预测	35
4.4.3	储层损害机理分析	37
4.4.4	保护储层入井液及其工艺推荐	42
4.5	本章小结	48
第 5 章	总结与展望.....	49
5.1	总结	49
5.2	展望	50
参考文献	51
致谢	52

Contents

Chapter 1 Introduction.....	1
1.1 Background and Significances	1
1.2 Research Objectives.....	2
1.3 Research Contents	3
1.4 Outline of the Dissertation.....	4
Chapter 2 System Related Technologies.....	5
2.1 Expert System	5
2.2 Neural Network.....	7
2.3 SQL Server.....	7
2.4 ASP.NET	8
2.5 Summary	10
Chapter 3 System Requirement Analysis	11
3.1 Business Requirements	11
3.1.1 System Flow	11
3.1.2 Data Flow	12
3.2 Function Requirements	13
3.1.1 Function Modules	13
3.1.2 Modules Statement.....	14
3.3 Use Case Analysis.....	15
3.3.1 Definition of Actor	15
3.3.2 System Cases	15
3.3.3 Analysis of Data.....	17
3.4 Summary	19
Chapter 4 System Design.....	20
4.1 Overall System Design	20

4.2 Transform Expert's Experiment and Knowledge Representation	22
4.3 Database Design.....	25
4.4 System Detailed Design.....	33
4.3.1 Data Management	33
4.3.2 Predict Sensibility of Reservoir	35
4.3.3 Analysis Formation Damage	37
4.3.4 Recommend Fluid Prescription and Technics	42
4.5 Summary	48
Chapter 5 Conclusions and Future Work.....	49
5.1 Conclusions	49
5.2 Future Work.....	50
References	51
Acknowledgements	52

第1章 绪论

1.1 研究背景及意义

储层保护技术是研究钻井、完井、测井、固井、射孔、试油、开发全过程中保护储层的技术。它可最大限度地解放储层，获得合理产量，以期提高勘探、开发的经济效益^[1]。长期以来，储层保护的工作都是建立在大量实验室分析基础上，往往对现场难以提供快速有效的保护措施建议，同时虽然积累了很多针对不同储层的保护经验，但又都缺乏将这些经验系统理论化后指导现场的有效工具^[2]。因此，计算机预测、诊断、评价和动态模拟^[3]等作为保护储层系统工程的主要技术手段之一正越来越受到重视。

近年来，基于计算机技术的储层敏感性预测、损害机理分析与诊断等领域取得了长足的进步，并且提出了各种预测模型。但是，基于模型的预测方法有一定的片面性，例如，其的预测对象大都是针对某些具体参数的变化或某些特定部位的不正常状态，适用面较窄。另外，模型的抽取也是一个忽略许多因素的不精确过程，然而储层实际情况和施工工况千变万化，很难得出符合实际情况的精确的诊断结论。因此，为了系统开展储层保护技术的研究，同时将原有及新开发科研成果实现资源和知识经验共享，需要将储层保护领域与基于专家经验和知识运作的专家系统有机结合起来，借助专家系统的知识与经验，提高储层保护及时性、技术水平与科学性，为油田长期高效开发提供有效技术支撑。

专家系统是依靠人类专家已有的知识建立起来的知识系统，是在特定领域内具有相应知识和经验的程序系统。它应用人工智能技术、模拟人类专家解决问题时的思维过程，求解领域内的各种问题。保护储层技术是提高勘探开发效果的重要措施之一，也是油田稳产的关键技术之一。针对油田完井过程中的储层损害程度大的问题，开展该领域内专家系统的研究，有利于扩大保护储层的应用范围，提高油田勘探开发的整体效果。储层保护专家系统基于系统的储层保护理论、实验研究与技术规范标准，依据油田及学校专家队伍的经验，在分析油田储层岩性、物性、流体及地层温度压力等储层特性的基础上，结合油田现有的射孔、压井、洗井、修井等完井工艺及其入井流体特征，对完井过程中地层损害的主要因素及

其损害机理进行研究,形成科学合理的保护储层入井流体体系及其作业工艺推荐专家系统,实现储层数据管理、敏感性预测、损害机理预测分析与处理、保护储层入井液及其工艺推荐等功能。

1.2 研究目标

保护储层工作在国外上世纪 70 年代,从分析储层岩心入手来研究储层损害机理和防治措施,并将实验室研究成果应用于油气田钻井、完井和开发方案设计及生产实践中,形成了保护储层的系列技术。国外储层保护进行的研究工作主要有:模拟地层条件下的储集层损害程度和机理研究;地层孔隙压力和破裂压力的准确预测与随钻监测研究;储集层岩性和物性的预测与随钻监测研究;保护油气效果好、适用范围广、负面影响小的钻井液、完井液及相应的添加剂;射孔、储集层改造和测试联作技术的进一步完善和提高;计算机在保护储层技术中的应用研究。国内在储层损害分析评价技术等方面也取得了很大进展,主要表现在:室内评价技术更加符合油藏实际条件;多种评价资料的综合解释及评价方法进一步优化;储集层损害微观机理的深化与量化;宏观研究领域的拓宽;机理性分析保护数据库和知识库的建立;损害机理研究逐步向数值模拟和智能化软件技术方向发展;机理分析为油气服务的趋势加强。

储层保护已成为了一门独立的学科,有成熟的理论基础和成套的技术措施。然而,到目前为止其技术资料 and 原始数据仍来源于钻井、完井、采油的生产过程中,还没有相对独立和完善的储层保护原始数据档案,数据资料分散,数据缺乏系统的收集整理,给研究工作带来了较大困难,也难于指导生产,每当进行需求分析、统计表资料时需要查阅大量散落的纸质记录,严重制约着分析研究水平的进一步提高。许多油田都是一个老油田,地层情况比较复杂,这几年来老区地层能量亏空、新开发区块多为一些低孔、低渗透、强敏感性油藏。目前在国内各大油田或公司都在推广应用保护储层技术,但保护储层技术是一项涉及到多学科、多部门的系统工程技术,加之该技术针对性强的特点,油田在应用和推广该过程中因研究时间、研究经费和研究能力的限制往往忽视了其系统性和针对性之特点,结果是实施技术缺乏系统性与针对性差,实施效果差。

保护储层技术是油田勘探开发过程中提高勘探开发效果的重要措施之一,是油田稳产的关键技术之一。面对我油田钻井完井及作业过程中造成的储层损害程

度大,油田保护储层技术方面的资金与技术投入不足,为了进一步推广应用保护储层技术,决定开展完井及作业过程中保护储层专家系统研究,该系统的研制有利于整合和充分利用保护储层新技术,扩大保护储层的应用范围,提高保护储层技术的应用效果,进而提高油田勘探开发整体效果,因此,完井与作业过程中保护储层专家系统的研制与应用与该领域的发展息息相关。

这次开展储层保护技术研究,主要是对作业方面提供指导,包括完井、射孔、压井、洗井、修井等工艺及入井流体方面的推荐及指导。结合油田现有作业工艺、入井流体,依靠油田及学校专家队伍经验来形成一个这方面的专家系统,对区块作业提供指导借鉴。由于油田区块较多、储层类型复杂多样,课题用几个重点需要储层保护的区块进行先导试验,逐步推广到全油田各个区块应用。

1.3 研究内容

(1)保护储层的专家系统体系架构。储层敏感性预测专家系统、储层损害机理预测专家系统、保护储层入井液及其工艺推荐专家系统针对能通过专家经验总结的知识和现场实践中收集有足够样本的情况,分别采用基于符号逻辑的产生式专家系统和基于连接主义的人工神经网络技术,考虑到系统的复杂性,构建多专家系统协同机制以协作解决工程问题。

(2)储层保护基础数据管理。在现有保护储层数据库和已有研究成果的基础上,根据油田有关数据库和相关标准要求,建立油田区块保护储层智能数据库体系,主要包括储层特征、储层敏感性、入井流体及其工艺等数据。

(3)储层敏感性预测。利用储层特征数据库资料、测井数据库资料以及现有的敏感性试验资料开展敏感性预测,并与敏感性试验结果进行对比分析,验证敏感性预测结果的准确性。与地震资料结合,形成区块平面上敏感性分布规律图。

(4)储层损害机理预测。利用储层特征数据库资料、测井数据库资料、储层敏感性预测专家系统成果、入井流体资料、完井作业及其工艺措施等资料建立油田区块储层损害机理预测系统。

(5)保护储层入井液及其工艺推荐。在油田现有后期完井液体系配方(包括其各种处理剂)的基础上,结合保护储层完井液新技术,建立油田后期完井液体系配方及其工艺推荐的专家系统。

1.4 本文的结构安排

本文共分为五章。

第 1 章，对当前储层保护中存在的问题进行分析，阐明课题的研究意义与主要研究内容。

第 2 章，介绍在研究储层保护专家系统中应用到的一些关键技术。

第 3 章，详细分析储层保护专家系统业务操作流程、存在的问题和系统功能需求。

第 4 章，详细描述储层保护专家系统的设计方法和实现过程。

第 5 章，总结和展望，总结论文的主要研究工作和阶段性成果，并对储层保护专家系统的进一步研究工作进行展望。

第2章 系统相关技术

储层保护专家系统的研究包括基础数据管理、储层敏感性预测、储层损害机理预测分析及处理和保护储层入井液及其工艺推荐等相关功能模块,借助专家系统的知识与经验,提高储层保护的实时性和科学性,为油田长期高效开发提供有效的技术支撑。为此,要开展的工作包括完成高性能与高安全的软件体系结构的优选与开发研究(含基于 ASP.NET 实现技术的筛选与改造方案、形成以 SQL Server 为后台数据库、IIS 为 WEB 中间应用平台、C#应用程序为客户端的体系配置方案)、实现基于神经网络的储层敏感性预测系统、基于专家系统的储层损害机理预测分析及处理系统、基于专家系统的保护储层入井液及其工艺推荐系统等软件系统。下面就相关技术进行简单介绍。

2.1 专家系统技术

专家系统是一个智能计算机程序系统,其内部含有大量的某个领域专家水平的知识与经验,能够利用人类专家的知识和解决问题的方法来处理该领域问题。也就是说,专家系统是一个具有大量的专门知识与经验的程序系统,它应用人工智能技术和计算机技术,根据某领域一个或多个专家提供的知识和经验,进行推理和判断,模拟人类专家的决策过程,以便解决那些需要人类专家处理的复杂问题,简而言之,专家系统是一种模拟人类专家解决领域问题的计算机程序系统。

将大量专家的知识 and 经验,以及有关储层损害机理等研究成果,按一定的获取方式得到的,并建立了专家知识系统库。其中专家系统中的知识模型库获取有两种方式,人工获取方式是系统通过调用一个全屏幕编辑器来对给定的模型库进行规则的添加、删除、修改等编辑操作;半自动获取方式是领域专家通过与系统会话,告知系统必要的信息,获取子系统自动地将这些信息转换成系统的内部表示形式,存入专家系统库。

一个实用的专家系统则大致由知识库、数据库、推理机、知识获取、咨询解释和人机接口等部分组成,如图 2.1 所示^[4]。

(1)知识库又称为领域(Domain)知识库,用于存放系统求解问题所需要的领域专门知识,包括专家的知识、经验及书本上的知识和常识等。这些知识要以适当

的表示方式和结构形式存入知识库中。专家系统性能决定于知识库中知识的完善程度和良好的组织结构。这是开发专家系统的一项最为关键的工作。

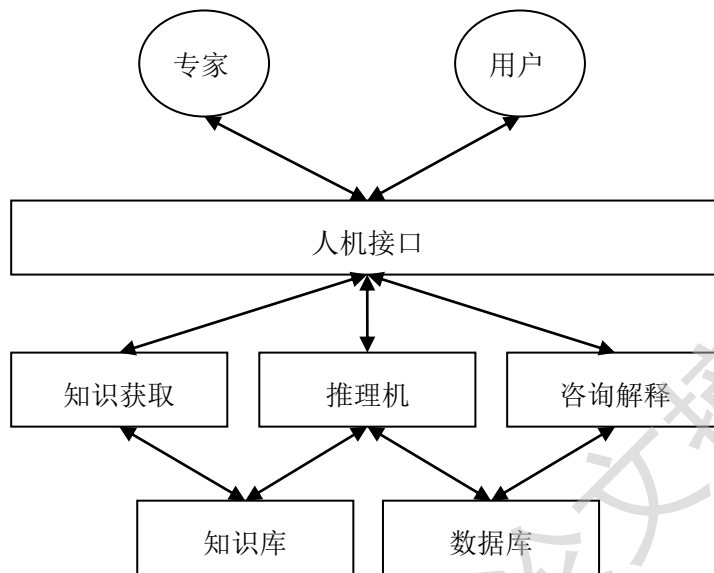


图 2.1 专家系统的基本结构

(2)数据库用于存贮专家系统当前要处理的对象的一些事实，包括该领域内的初始状态、推理过程中所得到的各种中间信息、推理的最终结果等。对于“在线”预测，还需要研究大型的综合知识库及其管理系统，以及广义的知识表达技术，如层次、关系、网络、集中、分布等。

(3)推理机根据当前输入的数据，利用知识库中的知识，按照一定的推理策略去解决当前问题。为保证专家系统的透明性和灵活性，应力求知识库和推理机相分离，以免知识的修改引起推理机的变动。为方便专家系统能将多种推理方法相互结合，还应研究自组织推理机及其协调控制机制。

(4)咨询解释向用户说明推理过程，使用户容易接受推理的结果，也有利于新手向专家系统学习。这是征服用户的关键部分。

(5)知识获取也称为学习功能，为系统提供学习知识的手段，是保证系统灵活性的必要部分，直接影响系统的生命力。其难点在于专家知识和经验的收集和表达，由专家和知识工程师共同完成。为了使系统能更好地获取知识，需要对半自动或自动化的知识获取辅助工具进行研究。

(6)用户接口把用户熟悉的信息表示手段转换成内部表示形式，或把系统输

出的信息转换成用户能理解的形式显示给用户,给用户提供一个充分利用系统功能的途径。

2.2 BP 神经网络技术

人工神经网络是一个具有学习能力的系统,通过使用大量样本对网络进行训练,获得一系列约束参数,当新的样本输入到系统中时,网络根据先前训练结果自动预测出当前样本输出。BP (Back Propagation) 神经网络是一种按误差逆传播算法训练的多层前馈网络,是目前应用最广泛的神经网络模型之一。BP 网络能学习和存贮大量的输入-输出模式映射关系,无需事前揭示描述这种映射关系的数学方程。其学习规则是使用最速下降法,通过反向传播不断调整网络的权值和阈值,使网络的误差平方和最小。BP 神经网络模型拓扑结构包括输入层 (Input)、隐层(Hide Layer)和输出层(Output Layer)^[51]。

BP 网络的学习过程由信息的正向传播和误差的反向传播两个过程组成。输入层神经元负责接收来自外界的输入信息,传递给中间层神经元。中间层是内部信息处理层,负责信息变换。根据信息变化能力的需求,中间层可以设计为单隐层或者多隐层结构。最后一个隐层传递到输出层神经元的信息,经进一步处理后,完成一次学习的正向传播处理过程,由输出层向外界输出信息处理结果。当实际输出与期望输出不符时,进入误差的反向传播阶段。误差通过输出层,按误差梯度下降的方式修正各层权值,向隐层、输入层逐层反传。周而复始的信息正向传播和误差反向传播过程,是各层权值不断调整的过程,也是神经网络学习训练的过程,此过程一直进行到网络输出的误差减少到可以接受的程度,或者预先设定的学习次数为止。

课题中储层敏感性预测方法研究是保护储层技术的一项重要基础工作。对储层敏感性进行预测有很多方法,本研究采用基于 BP 神经网络的预测方法进行储层敏感性预测研究。

2.3 SQL Server 数据库技术

SQL 是英文 Structured Query Language 的缩写,即结构化查询语言。SQL 的主要功能是连接并操纵各种数据库,是关系型数据库管理系统的标准语言。SQL 语句可用来执行各种各样的操作,如更新数据库数据,从数据库提取数据等。目

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库